

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

⦿ **BLACK BORDERS**

- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 27 164 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 04 R 3/00**  
H 04 R 5/04  
H 03 M 3/00  
H 03 F 3/217

②① Aktenzeichen: 100 27 164.2  
②② Anmeldetag: 31. 5. 2000  
②③ Offenlegungstag: 6. 12. 2001

DE 100 27 164 A 1

⑦① Anmelder:  
Sinha, Ravi, 64293 Darmstadt, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Schaltungsanordnung und Verfahren zur Wandlung digitaler elektrischer Signale in kontinuierliche akustische Signale

DE 100 27 164 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung entsprechend des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren entsprechend des Oberbegriffs des Patentanspruchs 13.

## Stand der Technik

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf den Ausgangszweig von elektronischen Systemen zur digitalen Verarbeitung von Audiodaten mit nachfolgenden Mitteln zur Hörbarmachung derselben, wie etwa zum Beispiel Telefonieanwendungen, Musikanlagen, DSP-Systemen.

[0003] Das bis heute gängige und übliche Verfahren zum Wandeln eines digitalen Datenstroms in sein akustisches Abbild ist, die Datenwerte mittels eines Digital-Analog-Wandlers mit  $2^n$  Quantisierungsstufen ( $n \in \mathbb{N}$ ,  $n \geq 1$ ) bei Nyquist-Taktrate in ein näherungsweise analoges Signal zu überführen, dieses mittels analogen Verstärkern zu verstärken, es mit analogen Filtern in ein kontinuierliches Signal umzuformen und es dann über einen elektroakustischen Wandler hörbar zu machen. Dieser Verfahrensweg hat zum Nachteil, dass im Gegensatz zum vorgeschalteten Digitalteil sehr präzise arbeitende Analogkomponenten verwendet werden müssen, der analoge Verstärker einen nicht zu vernachlässigenden Ruhestrom benötigt und dass der analoge Filter sich in den meisten Fällen nicht in integrierter Schaltungstechnik herstellen lässt.

[0004] Um dieses Verfahren zu verbessern, wurden in den letzten Jahrzehnten und weiterführend in den letzten Jahren verschiedene Entwicklungen gemacht, die jeweils einzelne der genannten Nachteile beheben.

[0005] So wurden Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, die Anzahl der Quantisierungsstufen und somit die analoge Genauigkeit der Komponenten gegen die Höhe der Wandlungstaktrate auszutauschen. Dies ist die Klasse der sogenannten Oversampler. Sie ermöglichen die Integration des Digital-Analog-Wandlers in den Herstellungsprozess des Digitalteils. Es wurden daraus gerade in den letzten Jahren eine Vielzahl von Verfahren und Schaltungsanordnungen entwickelt, um den unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Anwendungen gerecht zu werden.

[0006] Als besonders beliebt in der Anwendung haben sich die Sigma-Delta-Modulatoren (um stellvertretend zwei der vielen Beispiele zu nennen: B. P. Agrawal & K. Shenoi: "Design Methodology for  $\Sigma\Delta$ ", IEEE Transactions on Communications, Vol. Com-31, No.3, März 1983, Seiten 366f und zweitens: U. Horbach: "Entwurf und Realisierung hochauflösender Sigma-Delta A/D- und D/A-Umsetzer", Erlangen 1991, Seiten 16-90) sowie Schaltungsanordnungen aus Interpolationsfiltern mit hohen Eingangswortbreiten und Ausgangswortbreiten von drei bis sechs Bit und nachfolgenden Pulsweitenmodulatoren sowie Kombinationen der genannten Schaltungsanordnungen (zum Beispiel: Texas Instruments Incorporated: Data Manual SLAS144, Titel: "TLC320AD75C Data Manual - 20-Bit Sigma Delta stereo ADA Circuit", Februar 1997) erwiesen. Diesen Anordnungen und Verfahren ist zu eigen, dass sie so gebaut werden können, dass sie einen zweiwertigen Code ausgeben, der durch Tiefpassfilterung in das zu repräsentierende Analogsignal überführt werden kann. Da dieser Filter auch bei den bisher verwendeten Realisierungsverfahren verwendet wird, ist der Einbau derart verbesserter Schaltungsanordnungen besonders naheliegend.

[0007] Es besteht auch die nicht so häufig genutzte Möglichkeit, die eben genannten Schaltungsanordnungen derart zu modifizieren, dass man Vorrichtungen erhält, die einen

mehrwertigen Code ausgeben, wobei in der Praxis immer die Einschränkung gemacht wird, den Code  $2^n$ -wertig zu gestalten ( $n \in \mathbb{N}$ ,  $n > 1$ ), um die digitale Wortbreite zur Darstellung des Codes möglichst effektiv auszunutzen.

[0008] Ein weiterer Vorteil der im vorletzten Absatz genannten Schaltungsanordnungen und Verfahren im Gegensatz zu den eben genannten ist, dass durch das Erzeugen eines zweiwertigen Codes nun nicht mehr ein analoger Leistungsverstärker verwendet werden muss, sondern dass ein digitaler Verstärker (D-Verstärker) eingesetzt werden kann. Dieser hat zum Vorteil, dass er genauso in den Herstellungsprozess des Digitalteils eingegliedert werden kann und weiterhin, dass er keinen Ruhestrom benötigt und damit deutlich effizienter hinsichtlich des Wirkungsgrades ist.

[0009] Bleibt als letzter Nachteil der zu verwendende Analogfilter. Dem Zwang zur Verwendung eines solchen kann dadurch begegnet werden, dass als nachfolgender elektroakustischer Wandler eine Vorrichtung verwendet wird, die zusätzlich zu ihrer elektroakustischen Wandlerfähigkeit hinsichtlich ihres elektrischen Klemmenverhaltens als auch hinsichtlich ihrer elektroakustischen Übertragungsfunktion möglichst optimales Tiefpassverhalten aufweist. Eine solche Vorrichtung kann dann direkt an den D-Verstärker angeschlossen werden, da Filterung und Wandlung gleichsam darin ausgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anschlussleitungen vernachlässigbar kurz sein müssen, damit sie keine negativen signalformenden Eigenschaften besitzen.

[0010] In der Praxis ist es aber zum heutigen Zeitpunkt so, dass selbst spezielle, auf Tiefpassverhalten optimierte elektroakustische Wandler nur in sehr schlechter Näherung hinsichtlich ihres elektrischen Klemmenverhaltens einen idealen Tiefpass darstellen. Unter anderem ist der Wirkwiderstand im Verhältnis zum Blindwiderstand so hoch, dass der Wirkungsgrad der gesamten Anordnung sehr stark darunter leidet und etwaige Einsparungen durch Verwendung eines D-Verstärkers großenteils aufgezehrt werden.

[0011] Nun wurde vor kurzer Zeit eine Schaltungsanordnung aus analogen elektrischen Mitteln und ein Verfahren der analogen Umformung entwickelt, welches aus einem zeitkontinuierlichen elektrischen Signal mittels Operationsverstärkern, internen Rampen-Generatoren und hysteresebefahenen Schwellwertschaltern einen modifizierten D-Verstärker in H-Brücken-Bauart derart ansteuert, dass er ein dreiwertiges Signal ausgibt, welches nach Tiefpassfilterung das analoge Eingangssignal darstellt (Texas Instruments Incorporated: Application Report SLOS292A, Titel: "TPA2001D2 1-W Filterless Stereo Class-D Audio Power Amplifier", März 2000, überarbeitet April 2000). Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass durch die Verringerung der Stufenhöhe des Ausgangssignals der Stromverlauf an einem nachgeschalteten nicht-idealen Tiefpass wesentlich geglättet wird. Dadurch fällt am Wirkwiderstand des nicht-idealen Tiefpass-Filters beziehungsweise elektroakustischen Wandlers mit Tiefpass-Charakteristik weniger Verlustleistung ab und die Leistungseffizienz der gesamten Anordnung erhöht sich, sodass mit einem solchen Aufbau mit D-Verstärker und ohne Filter andere Lösungen übertroffen werden können.

[0012] Allerdings ist diese Schaltungsanordnung und dieses Verfahren nach der Entwicklung des momentanen Stands der Technik darauf begrenzt, analoge Eingangssignale zu erhalten, so dass ein Signal aus einem der vorgenannten Schaltungsanordnungen doch wieder analogegewandelt und somit nachfolgend auch analog tiefpassgefiltert werden müsste.

## Problemstellung

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Schaltungsanordnung sowie ein Verfahren zu finden, welches es ermöglicht, ein digitales elektrisches Signal in sein akustisches kontinuierliches Abbild umzuformen, wobei eine möglichst vollständige Integration der Schaltungsanordnung durch einen Halbleiterherstellungsprozess ermöglicht werden soll. Zweites wesentliches Ziel ist das Erreichen eines hohen Leistungs-Wirkungsgrades der Gesamtlösung.

[0014] Dabei sollen nicht die aus dem Stand der Technik vorhandenen Verfahren und Schaltungsanordnungen benutzt werden, da hierbei das Signal aufwendig zuerst analoggewandelt werden müsste, um dann mit einem filterlosen Verstärker ausgegeben zu werden. Vielmehr soll das Signal bis zu seiner Verstärkung nur auf digitale Verfahrensweise umgeformt werden, um eine einfache Schaltungsanordnung zu erreichen.

## Problemlösung

[0015] Die genannten Probleme werden gelöst durch die vorliegende Erfindung, eine Schaltungsanordnung entsprechend des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie durch ein Verfahren entsprechend des Oberbegriffs des Patentanspruchs 13. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

## Erreichte Vorteile – Gewerbliche Anwendbarkeit

[0016] Aus der Sicht eines Digitaltechnikers ist es wenig sinnvoll, durch digitale Umformung einen dreiwertigen Code zu erzeugen, da dieser die vorhandene Wortbreite nicht effektiv ausnutzt. Daher hat dieser Gedanke nie praktische Relevanz gewonnen. Aus der Sicht eines Analogtechnikers, der den D-Verstärker konstruiert, ist man erst vor kurzem darauf gekommen, dass ein dreiwertiger Code Vorteile hat, wenn eine filterlose Lösung angestrebt wird. Die Ansteuerung des modifizierten D-Verstärkers wurde allerdings mit einem Analogsignal vorgenommen. Mit der vorliegenden Erfindung wird eine Lösung angeboten, die durch digitales Errechnen eines dreiwertigen Codes und direktes digitales Verstärken desselben einen durchgängigen und effektiveren Weg beschreibt, als er durch schlichtes Aneinanderschalten der aus dem jüngsten Stand der Technik bekannten Anordnungen entsteht.

[0017] Mit der vorliegenden Erfindung kann die Leistungseffizienz und somit der Wirkungsgrad gegenüber den althergebrachten Lösungen wesentlich erhöht werden. Dies ist besonders wichtig für portable und versorgungsnetzunabhängige Anwendungen, da diese nun mit einem kleineren Energiespeicher auskommen und, beziehungsweise oder deutlich längere Funktionsdauer haben.

[0018] Weiterhin kann, entsprechend der gewählten Ausgestaltung die Schaltungsanordnung für eine solche Anwendung vollständig mit einem Verfahren zur integrierten Herstellung von digitalen Halbleiterschaltungen produziert werden. Da die vorliegende Anwendung je nach gewählter Ausgestaltung keine besonderen Ansprüche an die zu verwendenden Mittel stellt, kann im Gegensatz zu den althergebrachten Lösungen auch ein einfacher und somit sehr preiswerter Standardprozess, wie beispielsweise ein CMOS-VLSI-Prozess verwendet werden.

[0019] Hinzu kommt, dass durch die vollständige Integration keine diskreten Bauelemente verwendet werden müssen, die bei einer Herstellung der Anwendung bekanntlich

den wesentlichen Teil der Kosten ausmachen. Auch kann durch die vollständige Integration die physische Systemgröße stark verringert werden, was ein weiterer großer Vorteil vor allem für entsprechende portable Anwendungen ist.

## Ausführungsbeispiele

[0020] Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden im folgenden näher beschrieben und sind teilweise in den Zeichnungen dargestellt.

[0021] Fig. 1 zeigt eine erste vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung. Dabei sind hintereinander geschaltet: ein Interpolationsfilter zur Erhöhung der Abtastrate auf ein Vielfaches der Nyquist-Rate bei gleichzeitiger Beibehaltung der digitalen Wortlänge (11), ein Sigma-Delta-Wandler zweiter Ordnung mit einem internen Quantisierer mit drei Quantisierungsstufen zur Ausgabe eines dreiwertigen Codes (12), ein D-Verstärker ausgestaltet nach Bauart einer H-Brücke zusammen mit Ansteuerungslogik (13), ein elektroakustischer Wandler mit Tiefpass-Charakteristik (14).

[0022] Dabei ist in Fig. 2 erweiternd zu Fig. 1 der dortige Sigma-Delta-Wandler in Detailzeichnung dargestellt. Er besteht aus mehreren digitalen Integrationsgliedern (22, 24), mehreren Addierern (21, 23), einem Multiplizierer (26), einem Quantisierer mit drei Quantisierungsstufen (25) und einem digitalen Mittel zur Wortbreitenerhöhung (27). Insgesamt wird durch diese Schaltungsanordnung eine sich stark von der Signal-Transfer-Funktion unterscheidende Rausch-Transfer-Funktion erreicht.

[0023] Und in Fig. 3 ist erweiternd zu Fig. 1 der D-Verstärker in Detailzeichnung dargestellt. Er besteht in der Art dieser vorteilhaften Ausgestaltung aus einer Ansteuerungslogik (31), die aufgrund eines dreiwertigen Eingangscodes die Verstärkungsglieder (hier MOS-Transistoren (32–35)) derart anspricht, dass ein dreiwertiges Ausgangssignal mit den Spannungs-Werten (+Vmax, 0, -Vmax) mit jeweils niedriger Ausgangsimpedanz an den Ausgangsklemmen erzeugt wird.

[0024] Fig. 4 zeigt eine zweite vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung. Sie unterscheidet sich von der eben genannten und in Fig. 1 gezeigten durch eine Stabilisierungsschaltung, die über eine Rückkopplungsschleife mit einem geeigneten Mittel zur Signalumformung (45) die Umsetzung des Spannungswertes am D-Verstärker kontrolliert.

[0025] Fig. 5 zeigt eine dritte vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung. Im Gegensatz zu der vorgenannten und in Fig. 4 gezeigten ist bei dieser die Stabilisierungsschaltung (55) mit ihrer Kopplungsschleife vom Ausgang des D-Verstärkers an einen zusätzlichen internen Anschluss des Sigma-Delta-Modulators gelegt.

[0026] Von einem anderen Betrachtungspunkt aus lässt sich diese vorteilhafte Ausgestaltung auch derart betrachten, dass der D-Verstärker in die Funktion des Sigma-Delta-Modulators integriert ist, wenn das Mittel zur Stabilisierung derart ausgestaltet ist, dass für das Gesamtsystem vom Eingang des Sigma-Delta-Modulators bis zum Eingang des elektroakustischen Wandlers sich die Rausch-Transfer-Funktion stark von der Signal-Transfer-Funktion unterscheidet.

[0027] Eine vierte, nicht näher dargestellte Ausführung, die in ihrem Blockschaltbild mit der Darstellung der Fig. 1 übereinstimmt, ist gegenüber der ersten vorteilhaften Ausgestaltung dahingehend modifiziert, dass der interne Quantisierer des Sigma-Delta-Modulators  $n$  Quantisierungsstufen aufweist ( $n \in \mathbb{N}$ ,  $n > 3$ ), mit denen die Ansteuerlogik des D-Verstärkers angesprochen wird. Diese unterscheidet das Eingangssignal nach drei Wertebereichen (welche auch nur einen Wert umfassen können) und spricht damit die Verstär-

kungsmittel so an, dass der D-Verstärker ein dreiwertiges Ausgangssignal mit einer niederen Ausgangsimpedanz abgibt.

[0028] Eine fünfte vorteilhafte Ausgestaltung ist in Fig. 6 zu sehen. Sie beinhaltet einen Sigma-Delta-Modulator dritter Ordnung in kaskadiertem 2-1-Aufbau zur Ausgabe n-wertiger Ausgangssignale ( $n \in \mathbb{N}$ ) mit internen Steuerungsschaltungen zu Kontrolle der korrekten, beziehungsweise inkorrekten Funktion (beispielsweise bei einem Überlauf der digitalen Integratoren oder des Quantisierers) sowie mit Schaltungen zur Wiederherstellung der korrekten Funktion bei Fehlverhalten (61). Desweiteren beinhaltet die vorteilhafte Ausgestaltung einen modifizierten Puls-Weiten-Modulator (62), der entsprechend des Eingangssignals einen Puls proportionaler Länge ausgibt, wobei je nach Vorzeichen des Eingangswortes der Puls auf zwei unterschiedliche Leitungen geschaltet wird. Dies ist eine der Möglichkeiten, um mit einem Puls-Weiten-Modulator einen dreiwertigen Code zu erzeugen. Weiterhin beinhaltet diese vorteilhafte Ausgestaltung einen D-Verstärker (63), der mit einem dreiwertigen Signal zwei unterschiedliche Lautsprecher (64, 65) mit unterschiedlicher Charakteristik anspricht.

[0029] Eine sechste vorteilhafte Ausgestaltung ist in Fig. 7 dargestellt. Sie besteht aus der Serienschaltung eines Interpolationsfilters (71), der sowohl die Abtastrate des Signals über die Nyquist-Rate erhöht, als auch seine Wortbreite verringert, eines Puls-Weiten-Modulators nach der Art, wie in der fünften Ausgestaltung verwendet (72) und zweier Zweige mit jeweils einem D-Verstärker (73, 75) und einem elektroakustischen Wandler (74, 76).

[0030] Eine siebte vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung, zu sehen in Fig. 8, enthält einen digitalen Rechnerkern, beziehungsweise einen digitalen Signal-Prozessor (81), welcher die Möglichkeit besitzt, durch interne Rechenalgorithmen ein digitales Eingangssignal in einen passenden Ansteuercode für den D-Verstärker umzuformen. Dieser Rechnerkern oder DSP steuert einen D-Verstärker (82) an, welcher einen elektroakustischen Wandler (83) ansteuert.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Wandlung digitaler elektrischer Signale in kontinuierliche akustische Signale unter Verwendung eines oder mehrerer Mittel zur digitalen Datenumformung, eines oder mehrerer Mittel nach Bauart eines D-Verstärkers und eines oder mehrerer Mittel zur elektroakustischen Wandlung, **gekennzeichnet dadurch**, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung einen oder mehrere der D-Verstärker ansteuern, indem sie einen mehr als zweiwertigen Code als Ausgangssignal ausgeben; die D-Verstärker derart angesteuert werden können, dass durch sie ein dreiwertiges Ausgangssignal erzeugt werden kann, indem sie einen mehr als zweiwertigen Code als Eingangssignal erhalten; die D-Verstärker einen oder mehrere der elektroakustischen Wandler ansteuern, die hinsichtlich ihres elektrischen Klemmenverhaltens in schlechter bis sehr guter Näherung Tiefpass-Charakteristik besitzen.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung hinsichtlich ihres Übertragungsverhaltens eine Signal-Transfer-Funktion haben, die sich stark von ihrer jeweiligen Rausch-Transfer-Funktion unterscheidet (das heisst, dass das Mittel einen Rausch-Umformer oder Sigma-Delta-Wandler darstellt).

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung einen Eingangsdatenstrom derart umformen können, dass das Ausgangssignal hinsichtlich seines Tastverhältnisses der verschiedenen Ausgangssignalwerte zueinander proportional oder umgekehrt proportional zum Eingangswert ist (das heisst, dass das Mittel einen Puls-Weiten-Modulator darstellt).

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung einen Eingangsdatenstrom derart umformen können, dass das Ausgangssignal hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens der verschiedenen Ausgangssignalwerte proportional oder umgekehrt proportional zum Eingangswert ist (das heisst, dass das Mittel einen Puls-Dichte-Modulator darstellt).

5. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung einen Eingangsdatenstrom hinsichtlich seiner Abtastrate verändern können (das heisst, dass das Mittel einen Interpolationsfilter oder einen Dezimierungsfilter darstellt).

6. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung einen Eingangsdatenstrom hinsichtlich seiner digitalen Wortbreite verändern können.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der verstärkenden Mittel der D-Verstärker in H-Brücken-Anordnung verschaltet sind.

8. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einer oder mehrere der elektroakustischen Wandler hinsichtlich ihres elektrischen Klemmenverhaltens näherungsweise Bandpass-Charakteristik besitzen.

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass einer oder mehrere der elektroakustischen Wandler hinsichtlich ihres elektroakustischen Wandlerverhaltens näherungsweise Tiefpass-Charakteristik oder Bandpass-Charakteristik besitzen.

10. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich weitere digitale oder analoge Mittel für die Kontrolle und Herstellung der ordnungsgemässen Funktion der Schaltungsanordnung und beziehungsweise oder Mittel zum Schutz vor Fehlfunktion, Störung und Zerstörung der Funktion besitzt.

11. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Mittel aus einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche in Form eines einzigen Mittels kombiniert sind.

12. Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eines oder mehrere der Mittel zur digitalen Datenumformung als ein oder mehrere Rechenalgorithmen auf einer oder mehreren digitalen Rechenstrukturen oder einem oder mehreren digitalen Signal-Prozessoren ausgeführt werden oder einen Prozessor darstellen.

13. Verfahren zur Wandlung digitaler elektrischer Signale in kontinuierliche akustische Signale unter Ausführung eines oder mehrerer Schritte der digitalen Datenumformung, eines oder mehrerer Schritte zur Ver-

stärkung von Signalen und eines oder mehrerer Schritte zur elektroakustischen Wandlung, gekennzeichnet dadurch, dass durch einen oder mehrere Schritte der digitalen Datenumformung aus einem digitalen Eingangssignal ein oder mehrere digitale Ausgangssignale geformt werden, welche aufgrund von drei unterschiedlichen Wertigkeiten in einem weiteren Schritt in drei unterschiedliche Ausgangswerte eines oder mehrerer D-Verstärkers umgesetzt werden, die im Weiteren dann an den Klemmen eines oder mehrerer elektroakustischer Wandler tiefpassgefiltert oder bandpassgefiltert und elektroakustisch gewandelt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem oder mehreren der Schritte der digitalen Datenumformung für die Übertragung des Signals eine Signal-Transfer-Funktion zum Tragen kommt, die sich stark von der Transfer-Funktion für das Rauschen im jeweiligen Schritt unterscheidet (das heisst, dass der Schritt eine Rausch-Umformung oder Sigma-Delta-Wandlung darstellt).

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem oder mehreren der Schritte der digitalen Datenumformung das Eingangssignal in ein Ausgangssignal umgeformt wird, dessen Tastverhältnis der verschiedenen Ausgangssignalwerte proportional oder umgekehrt proportional zum Eingangssignal ist (das heisst, dass der Schritt eine Puls-Weiten-Modulation darstellt).

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem oder mehreren der Schritte der digitalen Datenumformung das Eingangssignal in ein Ausgangssignal umgeformt wird, dessen Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Ausgangssignalwerte proportional oder umgekehrt proportional zum Eingangssignal ist (das heisst, dass der Schritt eine Puls-Dichte-Modulation darstellt).

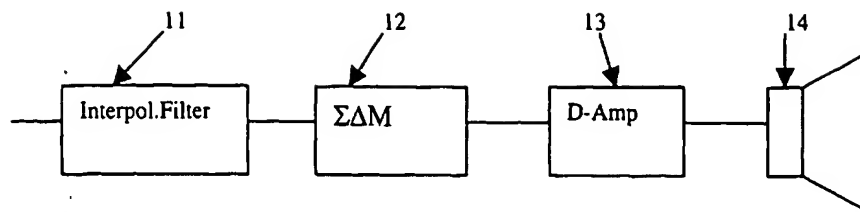
17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Schritte der digitalen Datenumformung dazu dienen, die Abtastrate eines jeweiligen Eingangssignals zu verändern (das heisst, dass der Schritt eine Interpolation oder eine Dezimierung darstellt).

18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Schritte der digitalen Datenumformung dazu dienen, die digitale Wortbreite eines jeweiligen Eingangssignals zu verändern.

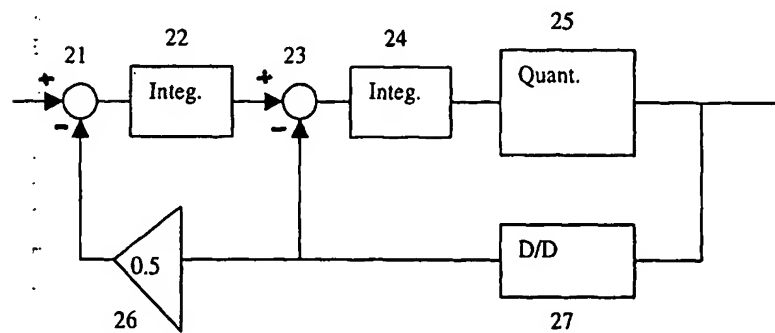
19. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei den elektroakustischen Wandlerschritten eine Übertragungsfunktion mit Tiefpass-Charakteristik oder Bandpass-Charakteristik angewendet wird.

20. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich weitere Schritte für die Kontrolle und Herstellung der ordnungsgemässen Funktion der Schaltungsanordnung und beziehungsweise oder Schritte zum Schutz vor Fehlfunktion, Störung und Zerstörung der Funktion besitzt.

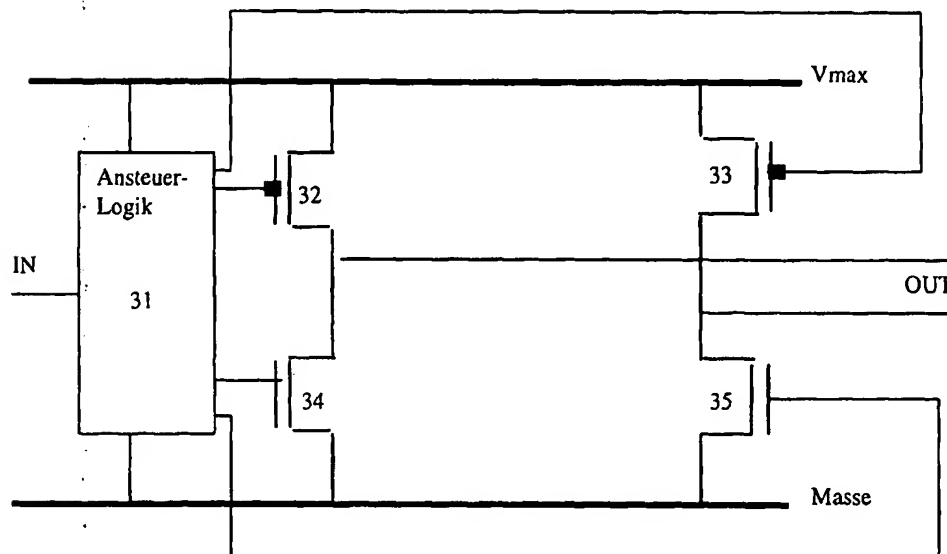
21. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Schritte aus einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche in Form eines einzigen Schritts kombiniert sind.



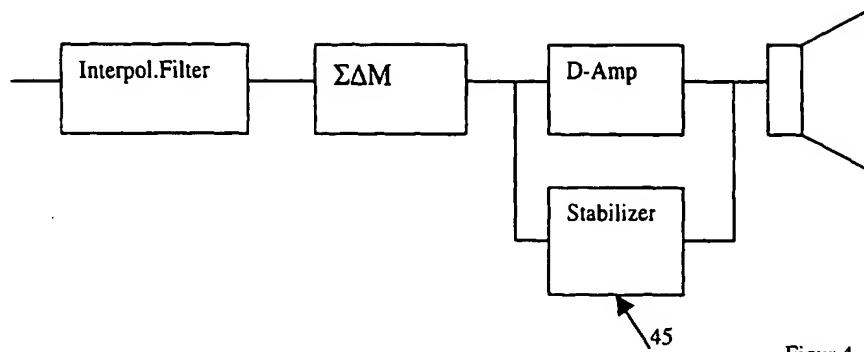
Figur 1.



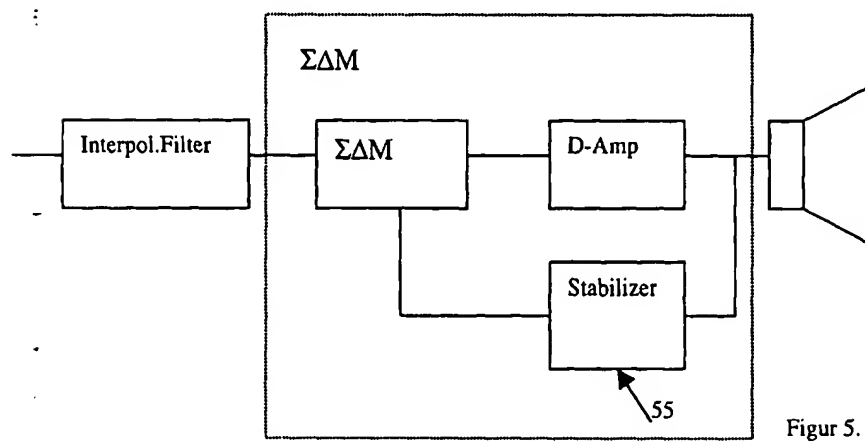
Figur 2.



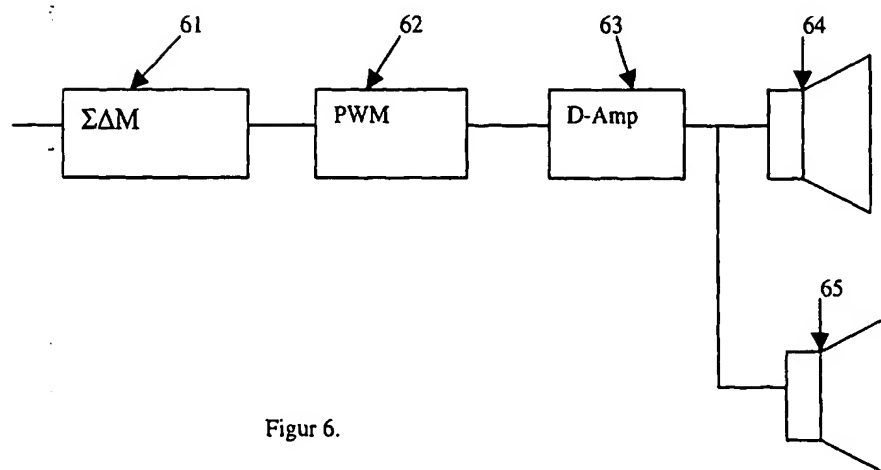
Figur 3.



Figur 4.

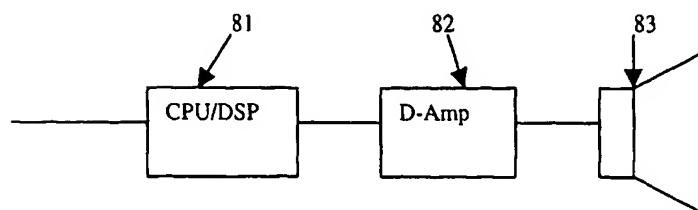
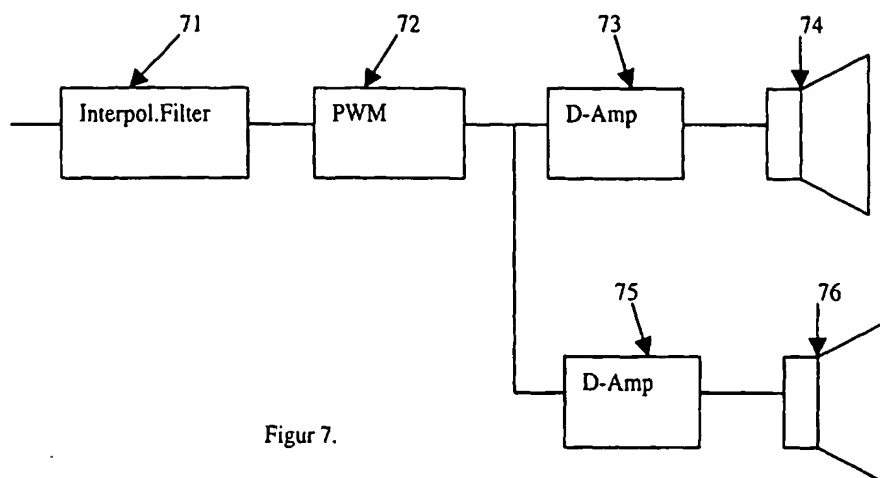


Figur 5.



Figur 6.





Figur 8.